Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 13, No. 1, June 2022, p. 99-112
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.2105-1007

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۳ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۱
صفحهٔ ۱۱۲-۹۹، نوع مقاله: پژوهشی




اثر مصرف زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)

مهیار محمدزاده[۱]، یوسف نیکنژاد[۲*]، هرمز فلاح آملی[۲]، داوود براری[۲] و سید میثم باغبانیان[۳]

۱- دانشجوی دوره دکتری تخصصی زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی؛ m.710mohammadzadeh@gmail.com
۲- اعضای هیئت علمی گروه زراعت و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی
(به‌ترتیب: yousofniknejad@gmail.com؛ hormozfalah@gmail.com و davoodbarari@yahoo.com)
۳- عضو هیئت علمی گروه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی؛ sbaghbanian@gmail.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸، بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
محمدزاده، م.، نیکنژاد، ی.، فلاح آملی، ه.، براری، د.، و سید میثم باغبانیان. ۱۴۰۱. اثر مصرف زئولیت و کود مرغی غنی شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۱): ۱۱۲-۹۹.

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات مصرف زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی آمل در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. کاربرد زئولیت در پنج سطح، شامل Z_1: شاهد یا عدم مصرف زئولیت، Z_2: مصرف زئولیت به‌تنهایی، Z_3: زئولیت غنی‌شده با روی، Z_4: زئولیت غنی‌شده با مس و Z_5: زئولیت غنی‌شده با روی و مس و مصرف کود مرغی در پنج سطح، شامل P_1: شاهد یا عدم مصرف کود مرغی، P_2: مصرف کود مرغی به‌تنهایی، P_3: کود مرغی غنی‌شده با روی، P_4: کود مرغی غنی‌شده با مس و P_5: کود مرغی غنی‌شده با روی و مس به عنوان فاکتورهای آزمایش درنظرگرفته شدند. در این آزمایش کود مرغی به مقدار ۱/۵ تن در هکتار و زئولیت به میزان ۱ تن در هکتار مصرف شد. همچنین از کودهای روی و مس به‌ترتیب به مقدار ۲۶ و ۱۳/۶ کیلوگرم در هکتار جهت غنی سازی کودهای مرغی و زئولیت استفاده گردید. نتایج نشان داد که مصرف کود مرغی و زئولیت غنی‌شده با عناصر روی و مس سبب افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد، عملکرد، غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در لوبیاسبز در مقایسه با کاربرد جداگانه کود مرغی یا زئولیت و شاهد گردید. در شرایط مصرف کود مرغی، حداکثر عملکرد دانه (۱/۷۴ تن در هکتار) با کاربرد تیمار P_5 و در شرایط کاربرد زئولیت، بیشترین عملکرد دانه (۱/۷۱ تن در هکتار) با اعمال تیمار Z_5 حاصل شد و با عدم مصرف تیمارهای کودی، عملکرد به‌ترتیب حدود ۲۷ و ۲۳/۳ درصد کاهش یافت. بنابراین، به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با عناصر روی و مس می‌تواند ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، روش مناسبی جهت بهبود عملکرد گیاه همراه با تولید سالم و پایدار محصولات کشاورزی باشد.

واژه‌های کلیدی: جذب عناصر؛ رنگدانه‌های فتوسنتزی؛ زئولیت؛ عملکرد؛ کود مرغی

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی از خانواده بقولات می‌باشد که بر اساس آمارنامه کشاورزی در سال ۱۳۹۹ از نظر سطح زیرکشت و تولید محصولات آبی به‌ترتیب با مساحت ۱۰۴۶۱۹ هکتار و تولید ۲۴۹۰۰۱ تن در هکتار، رتبه اول کشور را در بین حبوبات به خود اختصاص داده است (Agricultural Statistics, 2021). امروزه کاشت لوبیاسبز در دنیا نیز به دلیل ویژگی‌های مثبت آن نظیر رسوب نیتروژن و اصلاح ساختار خاک از اهمیت بالایی در کشاورزی پایدار و محیط‌زیست برخوردار است (Ülker & Ceyhan, 2008)، به‌طوری‌که طبق گزارش فائو، سطح زیرکشت و تولید لوبیاسبز در سرتاسر جهان به‌ترتیب ۱۵۷۹۴۸۹ هکتار و ۲۳۲۷۶۷۱۶ تن در هکتار در سال ۲۰۲۰ گزارش شده است (FASOSTAT, 2020).

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی موجب تشدید آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در بسیاری از مناطق

* نویسنده مسئول: yousofniknejad@gmail.com

جهان شده است (Liu *et al*., 2014). افزایش کارآیی مصرف کودهای شیمیایی یکی از راهکارهای حیاتی برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است. از جمله تکنولوژی‌های جدیدی که جهت افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از اتلاف کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است، به‌کارگیری ترکیبات اصلاح‌کننده طبیعی خاک مانند زئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد (Mahesh *et al*., 2018). زئولیت‌ها مواد متخلخلی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به‌دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور برخی از یون‌ها را داده و مسیر عبور برخی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند (Ozbahce *et al*., 2015). مطالعات نشان داده است که ترکیب زئولیت با عناصر NPK به عنوان یک کود شیمیایی کُندرَها موجب افزایش کارآیی جذب این عناصر توسط گیاهان زراعی و باغی می‌شود (Davari *et al*., 2017). استفاده از زئولیت از طریق بهبود ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و همچنین جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود (Baghbani-Arani *et al*., 2017). محققان بیان نمودند که کاربرد زئولیت از طریق افزایش قابلیت نگهداری عناصر غذایی در منطقه ریشه گیاه موجب بهبود کارآیی مصرف کودهای نیتروژنه، پتاسه و در نهایت افزایش عملکرد کلزا گردید (Khodaei-Joghan & Asilan, 2012). اثرات مثبت معنی‌دار کاربرد زئولیت بر مؤلفه‌های رشد لوبیاسبز نظیر طول برگ، شاخص سطح برگ و وزن تر و خشک برگ توسط محققان گزارش شده است (Ahmadee *et al*., 2014). گزارش‌ها حاکی از آن است که با افزایش مقدار مصرف زئولیت از صفر به ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، عملکرد دانه لوبیاقرمز به‌ترتیب حدود ۲۶/۱ و ۲۵/۱ درصد افزایش یافت (Habib Porkashef *et al*., 2017). مطالعات انجام شده روی نخود نشان داد که با کاربرد زئولیت به میزان ۲۰ تن در هکتار، تعداد غلاف در بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی تغییرات عملکرد دانه ناچیز بود (Hoseini *et al*., 2020). بررسی‌های به‌عمل‌آمده توسط Khan *et al*, (2011) حاکی از افزایش صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد ارقام سویا با کاربرد زئولیت می‌باشد. همچنین، Bahador *et al*, (2015) بیان نمودند که مصرف زئولیت به طور قابل‌توجهی منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته و بهبود عملکرد و درصد پروتئین دانه ماش گردید.

امروزه استفاده از کودهای آلی نیز به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی جهت بهبود حاصلخیزی خاک و جلوگیری از افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی در تولید محصولات زراعی در سیستم کشاورزی پایدار مطرح شده است (Kapoor *et al*., 2015). در بین انواع کودهای آلی، کاربرد کودهای مرغی علاوه بر اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و میکروبی خاک، موجب تجزیه مواد آلی و تولید گاز دی اکسید کربن در جامعه گیاهی شده که در نتیجه منجر به افزایش فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Diacono & Montemurro, 2010).

محققان گزارش دادند که مصرف کود مرغی سبب افزایش معنی‌دار غلظت‌های NPK در بافت گیاهی و نهایتاً بهبود عملکرد ماده خشک لوبیا گردید (Soremi *et al*., 2010). گزارش شده که کاربرد تلفیقی کود مرغی و دی‌آمونیوم فسفات اثرات مثبت معنی‌داری بر رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا داشت (Ahmadi & Arain, 2021). مطالعه انجام‌شده توسط Lima *et al*, (2021) در منطقه نیمه‌مرطوب برزیل نشان داد که استفاده همزمان از بیوچار (۱۰ تن در هکتار) و کود مرغی (۵ تن در هکتار) منجر به بهبود معنی‌دار غلظت فسفر، افزایش کارایی مصرف آب و بهبود عملکرد لوبیا شد، لذا کاربرد ترکیبی این کودها می‌تواند یک روش مدیریتی مناسب برای کشاورزان منطقه باشد.

با توجه به این‌که در زمینه واکنش گیاه لوبیاسبز به کاربرد زئولیت و کود مرغی غنی‌شده مطالعات محدودی صورت گرفته است، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثرات زئولیت و کود مرغی غنی‌شده بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. منطقه با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی در ارتفاع ۱۲۸ متری از سطح دریا قرار دارد. قبل از اجرای آزمایش اقدام به نمونه‌برداری از خاک مکان آزمایشی در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری گردید که نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

همچنین خصوصیات زئولیت و کود مرغی مورد استفاده در آزمایش به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1. Soil Physical and chemical properties of the experimental site at a depth of 0 to 30 cm

مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Cu (mg.kg^{-1})**	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Zn (mg.kg^{-1})**	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **K (mg.kg^{-1})**	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **P (mg.kg^{-1})**	نیتروژن (درصد) **N (%)**	ماده آلی (درصد) **O.M. (%)**	اسیدیته **(pH)**	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) **Electrical conductivity (dS.m^{-1})**	شن (درصد) **Sand (%)**	سیلت (درصد) **Silt (%)**	رس (درصد) **Clay (%)**	بافت **texture**
0.22	0.92	253.06	13	0.21	2.23	7.28	1.36	13	42	45	رس سیلتی (Silty Clay)

جدول ۲- خصوصیات زئولیت مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Properties of zeolite used in this experiment

MnO (%)	TiO2 (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	Na2O (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	CEC (cmol.kg^{-1})	pH
0.026	0.19	0.012	3.3	1.6	0.68	2.9	1.31	10.6	68	160	7.5

جدول ۳- خصوصیات کود مرغی مورد استفاده در آزمایش

Table 3. Properties of poultry manure used in this experiment

K (%)	P (%)	N (%)	pH
2.1	1.3	4.1	7.1

کاربرد زئولیت در پنج سطح، شامل Z_1: شاهد یا عدم مصرف زئولیت، Z_2: مصرف زئولیت به‌تنهایی، Z_3: مصرف زئولیت غنی‌شده با روی، Z_4: مصرف زئولیت غنی‌شده با مس و Z_5: مصرف زئولیت غنی‌شده با روی و مس و همچنین مصرف کود مرغی در پنج سطح، شامل P_1: شاهد یا عدم مصرف کود مرغی، P_2: مصرف کود مرغی به‌تنهایی، P_3: مصرف کود مرغی غنی‌شده با روی، P_4: مصرف کود مرغی غنی‌شده با مس و P_5: مصرف کود مرغی غنی‌شده با روی و مس به عنوان فاکتورهای آزمایش درنظرگرفته شدند. در این آزمایش کود مرغی به مقدار ۱/۵ تن در هکتار و زئولیت به میزان ۱ تن در هکتار مصرف شد. همچنین از کودهای روی و مس به‌ترتیب به مقدار ۲۶ و ۱۳/۶ کیلوگرم در هکتار جهت غنی‌سازی کودهای مرغی و زئولیت استفاده گردید (Mahmoudi & Hakimian, 2003). هر یک از تیمارهای موردنظر به صورت جداگانه با استفاده از دستگاه همزن مخصوص (مدل TH-SMJ-300) مخلوط گردید و به کرت‌های آزمایش اضافه شدند.

حدود سه ماه قبل از اجرای آزمایش، شخم اول و دوم (عمود بر شخم اول) و پس از آن عملیات تسطیح، ماله‌کشی و کرت‌بندی انجام گرفت. زمین آزمایش به سه تکرار، هر کدام حاوی ۲۵ تیمار آزمایشی تقسیم گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۵ متر و عرض ۳ متر با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در هر ردیف ۲۰سانتی‌متر بود. در هر کپه نیز دو عدد بذر کاشته شد. در این آزمایش از بذر رقم سوپر باسلیم جهت کاشت استفاده شد که رقم هیبرید تولید کشور ایتالیا می‌باشد و از شرکت یکتا بذر تهیه گردید. هر یک از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب از منابع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم با توجه به نتایج آزمون خاک به طور یکنواخت در سطح مزرعه مصرف شدند. پس از کاشت، بلافاصله آبیاری اولیه انجام و سپس آبیاری‌های بعدی به طور منظم به فاصله ۹روز یک‌بار صورت گرفت. مبارزه با علف‌های‌هرز به صورت وجین دستی طی سه مرحله از رشد گیاه انجام شد. اندازه‌گیری میزان غلظت کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید (Arnon, 1949) و آنتوسیانین (Teow *et al.*, 2007) در مرحله گلدهی با برداشت چین اول صورت گرفت. در پایان فصل رشد نیز پس از حذف حاشیه کرت‌ها، برداشت چین دوم جهت اندازه‌گیری صفات کمی و سایر خصوصیات کیفی انجام شد. ارتفاع بوته با اندازه‌گیری ارتفاع تعداد ۱۵ بوته و طول غلاف با اندازه‌گیری طول تعداد ۱۵ غلاف از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی با خط‌کش انجام و سپس میانگین ها به عنوان ارتفاع بوته و طول غلاف ثبت گردید. برای اندازه-گیری وزن۱۰۰دانه، تعداد ۱۰۰ دانه از هر کرت آزمایشی

شمارش و با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین گردید. عملکرد تر غلاف با برداشت مساحت پنج مترمربع از هر کرت آزمایشی و توزین آن با ترازوی دقیق دیجیتالی تعیین شد. جهت تعیین عملکرد دانه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، مساحت پنج مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت و پس از خشک‌شدن در آون۷۲درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، دانه‌ها به صورت دستی از غلاف‌ها جدا و عملکرد دانه با ترازوی دیجیتالی توزین گردید. برای اندازه‌گیری عناصر غذایی در غلاف گیاه، پس از نمونه‌گیری و آسیاب‌کردن آن‌ها، غلظت نیتروژن به روش کجلدال (Bremner, 1996) با استفاده از دستگاه کجل‌تک (Foss 2300 Kjeltec Analyzer)، غلظت فسفر به روش رنگ‌سنجی (Jones *et al.*, 1991) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV 3100, Tokyo, Japan)، غلظت پتاسیم به روش شعله‌سنجی (Waling, 1989) با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway PFP7, Sherwood Scientific, Cambridge, United Kingdom) و غلظت عناصر غذایی ریزمغذی با روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی (Emami, 1996) با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian Spectra AA-10, Mulgrave, Australia) به‌دست آمد.

در نهایت داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کود مرغی و زئولیت بر صفات ارتفاع بوته، طول غلاف، عملکرد تر غلاف و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات ساده کود مرغی بر وزن۱۰۰دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، ولی صفت یادشده تحت تأثیر اثرات زئولیت قرار نگرفت. در بین اجزای عملکرد و عملکرد دانه مورد بررسی، فقط طول غلاف تحت تأثیر اثر متقابل کود مرغی و زئولیت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات اصلی کود مرغی نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته (۴۸/۱ سانتی‌متر)، طول غلاف (۱۱/۹ سانتی‌متر)، وزن۱۰۰دانه (۳۴/۷ گرم)، عملکرد تر غلاف (۱۸۴۰ گرم در مترمربع) و عملکرد دانه (۱۷۴ گرم در مترمربع) با کاربرد تیمار P_5 حاصل شد و تحت شرایط شاهد (P_1)، صفات فوق به‌ترتیب حدود ۱۴، ۱۰/۲، ۶/۴، ۲۷/۱ و ۲۷ درصد کاهش نشان دادند (جدول ۵). اگرچه بیشترین میزان صفات مورد مطالعه با کاربرد تیمار P_5 حاصل شد، به هر حال صفات طول غلاف، عملکرد تر غلاف و همچنین عملکرد دانه به‌ترتیب با اعمال تیمارهای P_2، P_3 و P_4 روند افزایشی نشان دادند، در حالی‌که وزن۱۰۰دانه بین تیمارهای P_2، P_3 و P_4 اختلاف معنی‌داری نشان نداد. همچنین تیمارهای P_2 و P_3 از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی با اعمال تیمارهای P_4 و P_5 بر میزان صفت مذکور افزوده گردید (جدول۵).

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده زئولیت نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۴۶ سانتی‌متر)، طول غلاف (۱۲/۱سانتی‌متر)، عملکرد تر غلاف (۱۸۰۷ گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱۷۱ گرم در مترمربع) با کاربرد تیمار Z_5 به‌دست آمد و با عدم مصرف زئولیت، صفات ذکرشده به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (جدول ۵).

نتایج برهمکنش تیمارها نیز نشان داد که حداکثر طول غلاف با اعمال تیمارهای P_1Z_5، P_2Z_5، P_3Z_5، P_4Z_5 و P_5Z_5 حاصل شد (شکل ۱).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز

Table 4. Variance analysis of morphological traits, yield components and grain yield of green bean

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه Plant height	طول غلاف Pod length	وزن۱۰۰دانه 100-seed weight	عملکرد تر غلاف Fresh pod yield	عملکرد دانه Seed yield
کود مرغی Poultry manure (P)	**	**	*	**	**
زئولیت Zeolite (Z)	**	**	ns	**	**
کود مرغی × زئولیت P × Z	ns	*	ns	ns	Ns
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	4.23	1.43	5.63	6.23	6.33

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز

Table 5. Mean comparison of morphological traits, yield components and grain yield of green bean

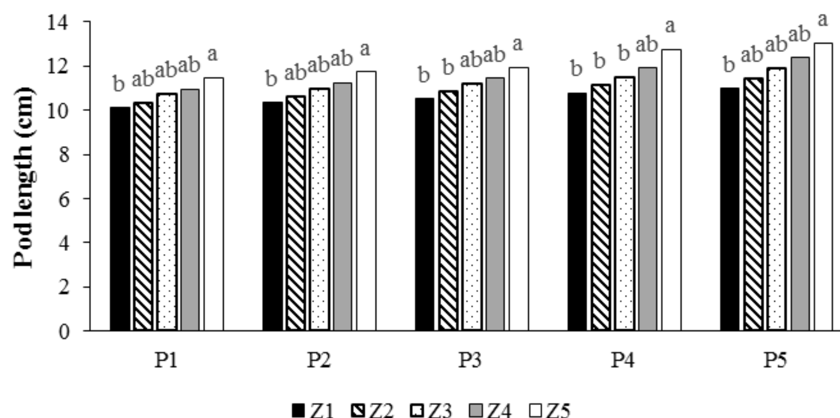
تیمار Treatment	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100- seed weight (g)	عملکرد تر غلاف (گرم در متر مربع) Fresh pod yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Seed yield (g.m^{-2})
P_1	41.3d	10.7e	32.5c	1340e	120e
P_2	43.0c	10.9d	32.9bc	1450d	130d
P_3	44.3c	11.2c	33.4abc	1540c	140c
P_4	46.4b	11.6b	34.1ab	1710b	160b
P_5	48.1a	11.9a	34.7a	1840a	170a
Z_1	43.5c	10.5e	32.6ab	1380c	130e
Z_2	44.0bc	10.8d	33.1ab	1460d	130d
Z_3	44.6bc	11.2c	33.6ab	1570c	140c
Z_4	45.0ab	11.5b	33.9ab	1650b	150b
Z_5	46.0a	12.1a	34.3a	1800a	170a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

The means within a column with the same letter are not significantly different by LSD test at $p < 0.05$.

P_1: عدم مصرف کود مرغی، P_2: کود مرغی، P_3: کود مرغی+روی، P_4: کود مرغی+مس، P_5: کود مرغی+روی+مس، Z_1: عدم مصرف زئولیت، Z_2: زئولیت، Z_3: زئولیت+روی، Z_4: زئولیت+مس، Z_5: زئولیت+روی+مس

P_1: no poultry manure, P_2: poultry manure, P_3: poultry manure + zinc, P_4: poultry manure + copper, P_5: poultry manure + zinc + copper, Z_1: no use of zeolite, Z_2: zeolite, Z_3: zeolite + zinc, Z_4: zeolite + copper, Z_5: zeolite + zinc + copper



شکل ۱- برهمکنش کود مرغی و زئولیت غنی‌شده بر طول غلاف لوبیاسبز

(P_1: عدم مصرف کود مرغی، P_2: کود مرغی، P_3: کود مرغی+روی، P_4: کود مرغی+مس، P_5: کود مرغی+روی+مس، Z_1: عدم مصرف زئولیت، Z_2: زئولیت، Z_3: زئولیت+روی، Z_4: زئولیت+مس، Z_5: زئولیت+روی+مس

Fig. 1. Interaction effects of enriched P×Z on pod length of green bean

P_1: no poultry manure, P_2: poultry manure, P_3: poultry manure + zinc, P_4: poultry manure + copper, P_5: poultry manure + zinc + copper, Z_1: no use of zeolite, Z_2: zeolite, Z_3: zeolite + zinc, Z_4: zeolite + copper, Z_5: zeolite + zinc + copper

این نتایج نشان داد که مصرف هر دو تیمار کود مرغی و زئولیت به خصوص غنی‌سازی این تیمارها با روی و مس سبب بهبود معنی‌دار اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز شد. کاربرد مس و روی به‌واسطه تأثیر بر غلظت کلروفیل برگ و افزایش فتوسنتز منجر به بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌گردند (Li *et al*., 2007). عنصر روی از طریق دخالت در فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیسم نیتروژن در گیاه موجب تسریع در رشد و افزایش عملکرد دانه لوبیاسبز می‌گردد (Lack *et al*., 2016). اثرات معنی‌دار کود مرغی (Alhrout *et al*., 2016) و زئولیت (Turkmen & Kutuk, 2017) بر بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا توسط محققان گزارش شده است که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت داشت.

بررسی‌ها نشان داده است که مصرف کودهای آلی سبب بهبود ارتفاع بوته، افزایش سطح برگ، افزایش غلظت نیتروژن و پتاسیم، تعداد غلاف و عملکرد غلاف لوبیاسبز در مقایسه با شاهد گردیده است (Aslani & Souri, 2018). بررسی‌های به عمل‌آمده توسط سایر پژوهشگران نیز نشان داد که مصرف کود مرغی موجب افزایش ارتفاع، وزن۱۰۰دانه و در نهایت عملکرد دانه لوبیا در مقایسه با شرایط شاهد یا عدم مصرف کود مرغی گردید (Jasim & Mhanna, 2014). از دلایل افزایش وزن

دانه می‌توان به بهبود فتوسنتز و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه در اثر مصرف روی و کود مرغی اشاره نمود (Javanmard & Asadi Danalo, 2017). سایر پژوهشگران گزارش دادند که کاربرد تلفیقی کود مرغی و کودهای شیمیایی ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، موجب افزایش حاصلخیزی خاک، بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد دانه لوبیا می‌گردد (Turkmen & Kutuk, 2017). افزایش عملکرد لوبیاسبز ناشی از کاربرد کودهای آلی در نتایج بسیاری از محققان گزارش شده است (Souri *et al*., 2017; Moreira & Moraes, 2017).

در شرایط مصرف زئولیت به دلیل بهبود توانایی جذب آب توسط زئولیت، انتقال فراورده‌های فتوسنتزی به دانه‌ها به شکل بهتری صورت می‌گیرد، در نتیجه منجر به افزایش وزن۱۰۰دانه می‌گردد (Habib Porkashef *et al*., 2017). افزایش میزان وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه لوبیا با کاربرد زئولیت در نتایج سایر محققان نیز گزارش شده است (Ozbahce *et al*., 2015). بهبود رشد گیاه در تیمارهای حاوی زئولیت ممکن است به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک (Baghbani-Arani *et al*., 2017) و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی باشد (Khodaei-Joghan & Asilan, 2012). گزارش شده است که کاربرد زئولیت به دلیل افزایش آب قابل‌دسترس گیاه منجر به استفاده بهتر و مؤثرتر از آب و عناصر غذایی طی رشد گیاه گردیده و در نهایت سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه لوبیا شد (Habib Porkashef *et al*., 2017). زئولیت به واسطه جلوگیری از هدرروی نیتروژن، سبب فراهمی این عنصر به مدت طولانی برای گیاه، بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه گیاه می‌گردد (Baghbani-Arani *et al*., 2017). محققان با بررسی مقایسه اثرات زئولیت خام و زئولیت غنی‌شده بر عملکرد کمی و کیفی گوجه‌فرنگی گزارش دادند که بیشترین مقدار صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی با کاربرد زئولیت غنی‌شده حاصل شد (Esfandiari *et al*., 2009). گروه دیگری از پژوهشگران دریافتند که افزایش عملکرد گیاه زراعی با کاربرد زئولیت به دلیل کاهش شستشوی نیتروژن ناشی از مصرف زئولیت بوده است (Gholamhoseini *et al*., 2009).

نتیجه نشان داد که غنی‌سازی هر یک از تیمارهای کودی با مس اثرات بهتری نسبت به غنی‌سازی آن‌ها با روی در بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز داشت. مس از طریق سنتز پروتئین‌ها و تنظیم هورمون اکسین سبب طویل‌شدن سلول‌ها، افزایش ارتفاع گیاه و بهبود عملکرد دانه می‌شود (Kumar *et al*., 2009).

رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج نشان داد که اثرات ساده کود مرغی و زئولیت بر تمام رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل آنتوسیانین، کاروتنوئید و کلروفیل‌های a، b و ab در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل کود مرغی و زئولیت فقط بر رنگدانه آنتوسیانین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۶).

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده کود مرغی نشان داد که حداکثر غلظت کلروفیل a (۸/۳ میکرومول بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۲/۵ میکرومول بر گرم وزن تر)، کلروفیل کل (۱۰/۹ میکرومول بر گرم وزن تر)، کاروتنوئید (۱/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) و آنتوسیانین (۷/۵ میکرومول بر گرم وزن تر) با اعمال تیمار P_5 به‌دست آمد و تحت شرایط شاهد، صفات فوق به‌ترتیب حدود ۱۲/۲، ۱۳/۶، ۱۲/۵، ۲۳/۹ و ۱۳/۶ درصد کاهش یافتند. (جدول ۷).

جدول ۶- تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی لوبیاسبز

Table 6. Variance analysis of photosynthetic pigments of green bean

تیمار Treatment	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل Chl a+b	کاروتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocianin
کود مرغی Poultry manure (P)	**	**	**	**	**
زئولیت Zeolite (Z)	**	**	**	**	**
کود مرغی × زئولیت P × Z	ns	ns	ns	ns	**
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	2.40	3.97	2.77	3.70	1.35

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۷- مقایسه میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی لوبیاسبز

Table 7. Mean comparison of photosynthetic pigments of green bean

تیمار **Treatments**	کلروفیل a (میکرومول بر گرم وزن تر) **Chl a (µmol/g FW)**	کلروفیل b (میکرومول بر گرم وزن تر) **Chl b (µmol/g FW)**	کلروفیل کل (میکرومول بر گرم وزن تر) **Chl a+b (µmol/g FW)**	کاروتنوئید (میکرومول بر گرم وزن تر) **Carotenoid (µmol/g FW)**	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم وزن تر) **Anthocianin (µmol/g FW)**
P_1	7.3d	2.2d	9.5e	1.1e	6.4e
P_2	7.6d	2.2c	9.8d	1.1d	6.7d
P_3	7.7c	2.3c	10.1c	1.2c	6.9c
P_4	8.1b	2.4b	10.6b	1.3b	7.2b
P_5	8.3a	2.5a	10.9a	1.4a	7.5a
Z_1	7.5c	2.2d	9.7d	1.1e	6.6e
Z_2	7.6c	2.3cd	9.9d	1.2d	6.7d
Z_3	7.8c	2.3bc	10.1c	1.2c	6.9c
Z_4	7.9b	2.4bc	10.4b	1.3b	7.1b
Z_5	8.3a	2.5a	10.8a	1.4a	7.4a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

The means within a column with the same letter are not significantly different by LSD test at $p < 0.05$.

P_1: عدم مصرف کود مرغی، P_2: کود مرغی، P_3: کود مرغی+روی، P_4: کود مرغی+مس، P_5: کود مرغی+روی+مس، Z_1: عدم مصرف زئولیت، Z_2: زئولیت، Z_3: زئولیت+روی، Z_4: زئولیت+مس، Z_5: زئولیت+روی+مس

P_1: no poultry manure, P_2: poultry manure, P_3: poultry manure + zinc, P_4: poultry manure + copper, P_5: poultry manure + zinc + copper, Z_1: no use of zeolite, Z_2: zeolite, Z_3: zeolite + zinc, Z_4: zeolite + copper, Z_5: zeolite + zinc + copper

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی زئولیت نیز نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل a (۸/۳ میکرومول بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۲/۵ میکرومول بر گرم وزن تر)، کلروفیل کل (۱۰/۸ میکرومول بر گرم وزن تر)، کاروتنوئید (۱/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) و آنتوسیانین (۷/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) با کاربرد تیمار Z_5 به‌دست آمد و تحت شرایط شاهد یا تیمار Z_1، صفات فوق به‌ترتیب حدود ۹/۶، ۱۰/۶، ۹/۸، ۱۹/۵ و ۱۰/۷ درصد کاهش نشان داد. (جدول ۷).

نتایج برهمکنش تیمارها نیز نشان داد که حداکثر غلظت آنتوسیانین با اعمال تیمارهای P_4Z_5، P_5Z_1، P_5Z_2، P_5Z_3، P5Z4 و P_5Z_5 حاصل شد (شکل ۲).

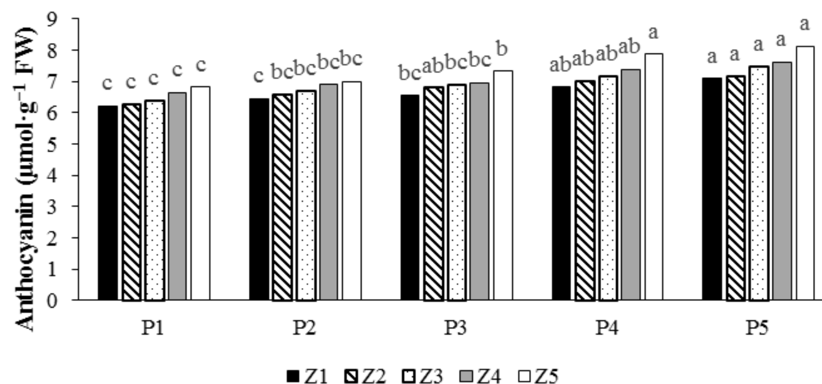
نتیجه نشان داد که غنی‌سازی زئولیت و کود مرغی با عناصر ریزمغذی به طور معنی‌داری منجر به افزایش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی در مقایسه با شاهد یا مصرف انفرادی زئولیت و کود مرغی گردید. وجود مس و روی در کود مرغی موجب افزایش میزان کلروفیل در گیاه گردید که با نتایج Saikachout *et al*, (2015) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد غنی‌سازی زئولیت یا کود مرغی با مس نتیجه بهتری نسبت به غنی‌سازی زئولیت یا کود مرغی با روی داشت. گزارش‌ها حاکی از آن است که مقادیر مطلوب روی، مس و منگنز موجب افزایش میزان کلروفیل، آنتوسیانین و کاروتنوئید در گیاه می گردد و در این بین، تأثیر مس بر تجمع رنگدانه‌های فتوسنتزی بیشتر از روی و منگنز می‌باشد (Baek *et al*., 2012). افزایش سنتز و تجمع کلروفیل، آنتوسیانین و کاروتنوئید در گیاه با کاربرد مس در نتایج سایر پژوهشگران نیز ارائه گردیده است (Yadav *et al*., 2016).

بررسی‌های انجام‌شده توسط سایر محققان نشان داد که میزان کلروفیل گیاه با افزایش مصرف کود مرغی به طور معنی داری افزایش یافت (Madhavi, 2007).

زئولیت به‌دلیل توانایی در جذب و نگهداری آب در خاک منجر به افزایش فلورسانس و عدد کلروفیل می‌گردد (Habib Porkashef *et al*., 2015). مصرف زئولیت به واسطه بهبود جذب نیتروژن توسط گیاه موجب افزایش سنتز کلروفیل، بهبود فتوسنتز و در نهایت افزایش تولید محصولات زراعی می‌گردد (Lija *et al*., 2014).

Nozari *et al*, (2013) نیز با بررسی اثرات زئولیت بر گیاه سویا بیان نمودند که زئولیت موجب افزایش مقدار کلروفیل در گیاه گردید. اثرات مثبت زئولیت غنی‌شده با کلسیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل و کاروتنوئیدها در پسته نیز توسط Mozafari & Rayatpisheh (2017) گزارش شده است.

سایر پژوهشگران افزایش میزان کاروتنوئید، کلروفیل a و b در گیاه استویا را با کاربرد زئولیت گزارش دادند (Bakhshandeh *et al*., 2016).



شکل ۲- برهمکنش کود مرغی و زئولیت غنی‌شده بر آنتوسیانین لوبیاسبز

P_1: عدم مصرف کود مرغی، P_2: کود مرغی، P_3: کود مرغی+روی، P_4: کود مرغی+مس، P_5: کود مرغی+روی+مس، Z_1: عدم مصرف زئولیت، Z_2: زئولیت، Z_3: زئولیت+روی، Z_4: زئولیت+مس، Z_5: زئولیت+روی+مس

Fig. 2. Interaction effects of enriched P×Z on anthocyanin of green bean

P_1: no poultry manure, P_2: poultry manure, P_3: poultry manure + zinc, P_4: poultry manure + copper, P_5: poultry manure + zinc + copper, Z_1: no use of zeolite, Z_2: zeolite, Z_3: zeolite + zinc, Z_4: zeolite + copper, Z_5: zeolite + zinc + copper

غلظت عناصر غذایی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کود مرغی و زئولیت بر غلظت عناصر غذایی در غلاف لوبیاسبز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر هیچ یک از عناصر غذایی معنی‌دار نبود (جدول ۸).

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده کود مرغی نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب با میانگین های ۳/۴، ۰/۴ و ۴/۴ درصد و حداکثر میزان مس، روی، آهن و منگنز به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۳/۸، ۳۱/۵، ۷۸/۸ و ۶۴/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم با اعمال تیمار P_5 به‌دست آمد؛ اگرچه بین تیمار P_5و P_4 از نظر غلظت منگنز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۹).

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی زئولیت نیز نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب با میانگین‌های ۳/۳، ۰/۴ و ۴/۳ درصد و حداکثر میزان مس، روی، آهن و منگنز به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۳/۵، ۳۱/۲، ۷۸/۳ و ۶۴/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم با اعمال تیمار Z_5 به‌دست آمد (جدول ۹).

کود مرغی از طریق افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک موجب بهبود جذب عناصر غذایی در گیاه می‌گردد (Boateng *et al.*, 2006). گزارش شده است که مصرف کودهای آلی موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه می‌گردد (Uyanoz, 2007). افزایش معنی‌دار غلظت‌های NPK در بافت گیاهی و نهایتاً بهبود عملکرد ماده خشک لوبیا با کاربرد کود مرغی در نتایج (2010) Soremi *et al,* نیز گزارش شده است. زئولیت‌ها می‌توانند عناصر غذایی نظیر نیتروژن، پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی را در محیط ریشه گیاه نگه داشته و در زمان نیاز گیاه، این عناصر را آزاد نموده و در اختیار گیاه قرار دهند (Stylianou *et al.*, 2004).

جدول ۸- تجزیه واریانس جذب عناصر غذایی درغلاف لوبیاسبز

Table 8. Variance analysis of nutrients uptake in green bean pods

تیمار Treatments	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	منگنز Mn
کود مرغی Poultry manure (P)	**	**	**	**	**	**	**
زئولیت Zeolite (Z)	**	**	**	**	**	**	**
کود مرغی × زئولیت P × Z	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	3.31	2.27	2.44	1.88	3.16	1.82	3.04

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۹- مقایسه میانگین جذب عناصر غذایی درغلاف لوبیاسبز

Table 9. Mean comparison of nutrients uptake in green bean pods

تیمار **Treatments**	نیتروژن (درصد) **N (%)**	فسفر (درصد) **P (%)**	پتاسیم (درصد) **K (%)**	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Cu (%)**	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Zn (%)**	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Fe (%)**	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Mn (%)**
P_1	2.3e	0.3e	3.3c	20.6e	28.3d	73.5d	59.4c
P_2	2.5d	0.4d	3.6d	21.4d	29.0c	74.7c	60.7bc
P_3	2.7c	0.4c	3.8c	22.0c	29.6c	75.7c	61.6b
P_4	3.1b	0.4b	4.1b	23.0b	30.7b	77.4b	63.4a
P_5	3.4a	0.4a	4.4a	23.8a	31.5a	78.8a	64.8a
Z_1	2.4e	0.3e	3.5e	21.0e	28.7d	74.1d	60.1d
Z_2	2.6d	0.4d	3.6d	21.5d	29.2cd	75.0cd	60.9cd
Z_3	2.8c	0.4c	3.8c	22.1c	29.8bc	75.9bc	61.9bc
Z_4	3.0b	0.4b	4.0b	22.6b	30.3b	76.8b	62.8b
Z_5	3.3a	0.4a	4.3a	23.5a	31.2a	78.3a	64.2a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

The means within a column with the same letter are not significantly different by LSD test at $p < 0.05$.

P_1: عدم مصرف کود مرغی، P_2: کود مرغی، P_3: کود مرغی+روی، P_4: کود مرغی+مس، P_5: کود مرغی+روی+مس، Z_1: عدم مصرف زئولیت، Z_2: زئولیت، Z_3: زئولیت+روی، Z_4: زئولیت+مس، Z_5: زئولیت+روی+مس

P_1: no poultry manure, P_2: poultry manure, P_3: poultry manure + zinc, P_4: poultry manure + copper, P_5: poultry manure + zinc + copper, Z_1: no use of zeolite, Z_2: zeolite, Z_3: zeolite + zinc, Z_4: zeolite + copper, Z_5: zeolite + zinc + copper

از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار زئولیت بر عملکرد را می‌توان به اثرات مثبت زئولیت بر رطوبت خاک و حفظ عناصر غذایی اشاره نمود (Mottaghi *et al*., 2014). محققان بیان داشتند که کاربرد زئولیت از طریق تأثیر بر خصوصیات شیمیایی خاک نظیر pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ایجاد کلات‌های فلزی منجر به جذب بهتر عناصر غذایی می‌گردد (Motesharezadeh & Asgari Lajayer, 2013). گزارش‌ها حاکی از آن است که مصرف زئولیت موجب افزایش غلظت نیتروژن، پتاسیم، روی و مس در لوبیا گردید (Ozbahce *et al*., 2015). زئولیت به دلیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا و ساختمان متخلخل آن موجب جذب بهتر عناصر غذایی و مواد آلی از خاک می‌گردد (Gholamhoseini *et al*., 2013). زئولیت به واسطه افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک منجر به افزایش جذب عناصر کم‌مصرف نظیر مس و روی می‌گردد (Abdoli *et al*., 2008) که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است که مصرف زئولیت در خاک منجر به ایجاد بالانس رطوبتی و حفظ عناصر غذایی در محیط ریشه گیاه سویا گردید (Agooshi *et al*., 2015).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مصرف زئولیت و کود مرغی سبب افزایش اجزای عملکرد, عملکرد دانه، رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی در مقایسه با شاهد گردید، ولی بیشترین میزان صفات مذکور تحت شرایط کاربرد زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با عناصر ریزمغذی روی و مس حاصل شد. تیمارهای زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با مس اثرات بهتری در مقایسه با تیمارهای غنی‌شده با روی از نظر صفات مورد بررسی نشان دادند. بنابراین با توجه به پاسخ مثبت گیاه لوبیاسبز به کاربرد کودهای مرغی و زئولیت غنی‌شده، به نظر می‌رسد کاربرد این کودها می‌تواند ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، روش مناسبی جهت بهبود عملکرد گیاه همراه با تولید سالم و پایدار محصولات کشاورزی باشد.

منابع

1. Abdoli, M.A., Rasapour, M., and Kamali, S.M. 2008. Composting “Design, Construction and Principles”, University of Tehran Press, 209 p. (In Persian).
2. Agooshi, M., Ghajar Sepanlou, M., and Bahmanyar, M.A. 2015. Effect of zeolite application on the yield and quality of soybean under water and non-water stress. Journal of Plant Production Research 22(2): 173-187. (In Persian).
3. Agricultural Statistics. 2021. Crops. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. Tehran. Iran. (In Persian).
4. Ahmadi, A.Y., and Arain, M.J. 2021. The response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to different levels of organic and inorganic fertilizers. International Journal of Life Sciences and Biotechnology 4(3): 439-450.

5. Ahmadee, M., Khashei Siuki, A., and Shahidi, A. 2014. Effect of magnetic water and natural clinoptilolite zeolite on growth of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 8(2): 393-401. (In Persian).
6. Alhrout, H.H., Aldalin, H., Haddad, M.A., Bani-Hani, N.M., and Al-Dalein, S.Y. 2016. The impact of organic and inorganic fertilizer on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Advances in Environmental Biology 10(9): 8-14.
7. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24(1): 1-15.
8. Aslani, A., and Souri, M.K. 2018. Growth quality of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of organic-chelate fertilizers. Open Agriculture 3: 146-154.
9. Baek, S.A., Han, T., Ahn, S.K., Kang, H., Cho, M.R., Lee, S.C., and Im, K.H. 2012. Effects of heavy metals on plant growths and pigment contents in *Arabidopsis thaliana*. The Plant Pathology Journal 28(4): 446-452.
10. Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M., and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2017. Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. Industrial Crops and Products 109: 346-357.
11. Bahador, M., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S.A., Fathi, Gh., and Lotfi Jalal-Abadi, A. 2015. Effect of seed pelleting with zeolite and priming with Iron chelate on protein and seed yield of Mung bean (*Vigna radiata* L.) varieties in Ahvaz. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 32-41. (In Persian).
12. Bakhshandeh, A., Gharineh, M.H., Abdale, A.R., Moraditelavat, M.R., and Reiszadeh, M. 2016. Effect of nitrogen level and natural zeolite on qualitative and quantitative function of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) in Ahvaz climatic condition. Iranian Journal of Field Crop Research 14(2): 244-254. (In Persian).
13. Boateng, S., Zickermann, A.J., and Kornaharens, M. 2006. Effect of poultry manure on growth and yield of maize. West African Journal of Applied Ecology 9: 1-11.
14. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen Total. Methods of Soil Analysis. Leonard Hill, London.
15. Davari, M.R., Kazazi, S.B., and Pivehzhani, O.A. 2017. Nanomaterials: Implications on Agroecosystem. In Nanotechnology (pp. 59-71). Springer, Singapore.
16. Diacono, M., and Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. Agronomy for Sustainable Development 30: 401-422.
17. Emami, A. 1996. Plant analysis methods. Soil and Water Research Institute 1: 982. (In Persian).
18. Esfandiari, A., Sadat Taghavi, T., Babalar, M., and Delshad, M. 2009. The effect of using raw and NH4-zeolite on yield and quality of tomato crop at reduced nitrogen concentration solution in hydroponic. Journal of Horticultural Sciences 23(2): 41-51. (In Persian).
19. FASOSTAT (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2020. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL
20. Gholamhoseini, M., Aghaalikhani, M., and Malakoti, M. 2009. Effect of different nitrogen level and zeolite on canola (*Brassica napus* L.) yield. Agriculture and Natural Science and Technology 12: 537-548. (In Persian).
21. Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., and Farmanbar, E. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil and Tillage Research 126: 193-202.
22. Habib Porkashef, E., Gharineh, M.H., Shafeinia, A.R., and Roozrokh, M. 2015. The effect of zeolite levels on chlorophyll fluorescence of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress conditions. Crop Physiology Journal 7(28): 19-32. (In Persian).
23. Habib Porkashef, E., Gharineh, M.H., Shafeinia, A.R., and Roozrokh, M. 2017. Effect of different levels of zeolite on yield of red bean (*Phasaeolus vulgaris* L.) under drought stress in Kermanshah climate condition. Plant Production Technology 17(1): 141-151. (In Persian).
24. Hoseini, S.S., Rokhzadi, A., and Karami, E. 2020. Interactive effects of planting method and zeolite application on yield attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dryland conditions. Acta agriculturae Slovenica 115: 113-121.
25. Jasim, A.H., and Mhanna, Q.L. 2014. Effect of some organic fertilizer’s treatments on dry seed yield of broad bean (*Vicia faba* L.). Scientific Papers. Series A. Agronomy 57: 218-222.
26. Javanmard, A., and Asadi Danalo, A. 2017. Effect of poultry manure and micronutrient foliar application on some wheat quantity and quality characteristics under rainfed conditions. Crop Science Research in Arid Regions 1(1): 13-26. (In Persian).

27. Jones, J.R., Wolf, J.B., and Mills, H.A. 1991. Plant Analysis: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Micro and Macro Publishing Inc. Athens, Georgia.
28. Khan, A.Z., Khan, H., Khan, R., Nigar, S., Saeed, B., Gul, H., Amanullah, Wahab, S., Muhammad, A., Ayub, M., Matsue, N., and Henmi, T. 2011. Morphology and yield of soybean grown on allophonic soil as influenced by synthetic zeolite application. Pakistan Journal of Botany 43(4): 2099-2107.
29. Khodaei-Joghan, A., and Asilan, K.S. 2012. Zeolite influences on nitrate leaching, nitrogen-use efficiency, yield and yield components of canola in sandy soil. Archives of Agronomy and Soil Science 58: 1149-1169.
30. Kapoor, A., Pandit, M., and Ametha, M. 2015. Organic agriculture: biofertilizer a review. International Journal of Pharmaceutical and Biological Archivees 6(5): 1-5.
31. Kumar, R., Mehrotra, N.K., Nautiyd, B.D., Kumar, P., and Singh, P.K. 2009. Effect of copper on growth, yield and concentration of Fe, Mn, Zn and Cu in wheat plants (*Triticum aestivum* L). Journal of Environmental Biology 30: 485-488.
32. Lack, Sh., Kermanshahi, M., and Noryani, H. 2016. Variation trend of leaf area index, yield and yield components of green beans (*Phaseolous vulgaris* L.) by using zinc sulfate and nitrogen. Journal of Crop Ecophysiology 9(4): 599-610. (In Persian).
33. Li, B.Y., Zhou, D.M., Cang, L., Zhang, H.L., Fan, X.H., and Qin, S.W. 2007. Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. Soil and Tillage Research 96: 166-173.
34. Lija, M., Haruna, A.O., and Kasim, S. 2014. Maize (*Zea mays* L.) nutrient use efficiency as affected by formulated fertilizer with clinoptilolite zeolite. Emirates Journal of Food and Agriculture 26: 284-292.
35. Lima, J.R.d.S., Goes, M.d.C.C.d., Hammecker, C., Antonino, A.C.D., Medeiros, É.V.d., Sampaio, E.V.d.S.B., Leite, M.C.d.B.S., Silva, V.P.d., de Souza, E.S., and Souza, R. 2021. Effects of poultry manure and biochar on acrisol soil properties and yield of common bean. A short-term field experiment. Agriculture 11: 290.
36. Liu, G., Zotarelli, L., Li, Y., Dinkins, D., Wang, Q., and Ozores-Hampton, M. 2014. Controlled-release and slow-release fertilizers as nutrient management tools. Department of Horticultural Science 1255: 1-7.
37. Madhavi, Y. 2007. Studies on the effect of different levels of vermicompost, castor cake, poultry manure and bio fertilizers on growth, yield and quality of Indian spinach (*Beta vulgaris* var. Bengalensis Hort.). BSc. Horticulture. Acharya N.G. Ranga Agricultural University. P.137.
38. Mahesh, M., Thomas, J., Kumar, K.A., Bhople, B.S., Saresh, N.V., Vaid, S.K., and Sahu, S.K. 2018. Zeolite Farming: A sustainable agricultural prospective. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(5): 2912-2924.
39. Mahmoudi, Sh., and Hakimian, M. 2003. Fundamentals of Soil Science. Tehran University Press, 720 pp. (In Persian).
40. Moreira, A., and Moraes, L.A.C. 2017. Yield, nutritional status and soil fertility cultivated with common bean in response to amino-acids foliar application. Journal of Plant Nutrition 40: 344-351.
41. Motesharezadeh, B., and Asgari Lajayer, H. 2013. The effect of different levels of enriched zeolite on dry matter, yield components and nutrient uptake in two cultivars of corn (*Zea maize*, cv.260 and 704). Applied Soil Research 1(2): 61-74. (In Persian).
42. Mottaghi, L., Allahdadi, I., Shirani-rad, A.H., and Akbari, G.A. 2014. The effect of zeolite on yield and yield components of rapeseed under drought conditions. Journal of Crops Improvement 16(2): 381-397. (In Persian).
43. Mozafari, V., and Rayatpisheh, M. 2017. Effect of calcium-enriched zeolite on some physiological characteristics of pistachio seedlings under salinity stress. Journal of Soil Management and Sustainable 6(4): 39-54. (In Persian).
44. Nozari, R., Moghadam, H.R., and Zahedi, H. 2013. Effect of cattle manure and zeolite applications on physiological and biochemical changes in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] grown under water deficit stress. Revista Cientifica UDO Agrícola 13(1): 76-84.
45. Ozbahce, A., Tari, A.F., Gönülal, E., Simsekli, N., and Padem, H. 2015. The effect of zeolite applications on yield components and nutrient uptake of common bean under water stress. Archives of Agronomy and Soil Science 61(5): 615-626.
46. Saikachout, S., Benmansoura, A., Ennajah, A., Leclerc, J.C., Ouerghi, Z., and Karray, N. 2015. Effects of metal toxicity on growth and pigment contents of annual halophyte (*A. hortensis* and *A. rosea*). International Journal of Environmental Research 9(2): 613-620.

47. Soremi, A.O., Adetunji, M.T., Adejuyigbe, C.O., Bodunde, J.G., and Azeez, J.O. 2017. Effects of poultry manure on some soil chemical properties and nutrient bioavailability to soybean. Journal of Agriculture and Ecology Research International 11(3): 1-10.
48. Souri, M.K., YaghoubiSooraki, F., and Moghadamyar, M. 2017. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean plants under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. Horticulture, Environment, and Biotechnology 58(6): 530-536.
49. Stylianou, M.A., Inglezakis, V.J., and Loizidou, M.D. 2004. Effects of zeolite addition on soil chemistry- open field experiments. Protection and Restoration of the Environment 11: 14-21.
50. Teow, C.C., Truong, V.D., McFeeters, R.F., Thompson, R.L., Pecota, K.V., and Yencho, G.C. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chemistry 103(3): 829-838.
51. Turkmen, A., and Kutuk, Y. 2017. Effects of chemical fertilizer, algea compost and zeolite on green bean yield. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology 5(3): 289-293.
52. Ülker, M., and Ceyhan E. 2008. Orta anadolu ekolojik sartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* l.) genotipleri-nin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi 22(46): 77-89.
53. Uyanoz, R. 2007. The effects of different bio-organic, chemical fertilizers and their combination on yield, macro and micro nutrition content of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Agricultural Research 2(2): 115-125.
54. Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G., and Vanderlee, J.J. 1989. Soil and Plant Analysis, A Series of Syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Netherland. 168p.
55. Yadav, P., Kaur, R., Kohli, S.K., Sirhindi, G., and Bhardwaj, R. 2016. Castasterone assisted accumulation of polyphenols and antioxidant to increase tolerance of *B. juncea* plants towards copper toxicity. Cogent Food and Agriculture 2(1): 1-14.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 13, No. 1, June 2022, p. 99-112 (Original Research Article)




Effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on agronomical and physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Mohammadzadeh[1], Mahyar; Niknejad[2*], Yousof; Fallah-Amoli[2], Hormoz; Barari[2], Davood; and Baghbanian[3], Seyed Meysam

1. PhD. of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran; m.710mohammadzadeh@gmail.com
2. Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Medicinal Plants Research center, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran; (e- yousofniknejad@Gmail.com، hormozfalah@gmail.com; davoodbarari@yahoo.com, respectively)
3. Department of Chemistry, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran; sbaghbanian@gmail.com

Received: 8 May 2021; **Revised:** 4 January 2022
Accepted: 19 April 2022; **Available Online:** 22 June 2022

How to cite this article:
Mohammadzadeh, M., Niknejad, Y., Fallah-Amoli, H., Barari, D., and Baghbanian, S.M. 2022. Effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on agronomical and physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 99-112. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.2105-1007

Introduction

Among legumes, green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has the highest area under cultivation. This legume also has a very high economic value. Today, the application of natural soil amendments such as zeolite to prevent the loss of nitrogen fertilizers has been considered. The zeolite application can reduce the use of chemical fertilizers, increase the soil water holding capacity and also prevent environmental pollution by improving the soil physicochemical characteristics. Addition of poultry manures to the soil also increases soil fertility, decomposition of organic matter and carbon dioxide production in the plant canopy, which ultimately leads to increased grain yield. The aim of this study was to evaluate the effects of fortified zeolite and poultry manure on yield components, yield, photosynthetic pigments and nutrient concentrations in green bean plant.

Material and Methods

To study the effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on yield components, yield, photosynthetic pigments and nutrient concentrations in green bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a field experiment was conducted as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the research field of the Islamic Azad University of Amol in 2017. The treatments of this research consisted of five levels of Zeolite (Z_1: control or non-use of Zeolite, Z_2: application of zeolite alone, Z_3: fortified zeolite with zinc, Z_4: fortified zeolite with copper and Z_5: fortified zeolite with zinc + copper) and five levels of poultry manure (P_1: control or non-use of poultry manure, P_2: application of poultry manure alone, P_3: fortified poultry manure with zinc, P_4: fortified poultry manure with copper and P_5: fortified poultry manure with zinc + copper). In this experiment, poultry manure and zeolite were used at rates of 1.5 and 1 $t.h^{-1}$, respectively. Nitrogen, Phosphorus and Potassium fertilizers were applied uniformly in all plots based on the results of soil analysis. At harvest, the yield components, seed yield and nutrient concentrations in the plant were recorded. The concentration of photosynthetic pigments was also measured at the flowering stage. The data were analyzed using SAS software and the means were compared using the least significant difference (LSD) test at the 5% probability level.

* **Corresponding Author:** yousofniknejad@gmail.com

Results & Discussion

The results showed that the differences between different levels of poultry manure were significant in yield components, seed yield, photosynthetic pigments and nutrient concentrations in the plant. The effect of zeolite was significant on all tested traits except for 100-seed weight. The interaction between different levels of poultry manure and zeolite was significant on pod length and anthocyanin. The application of fortified poultry manure and zeolite with zinc and copper increased the evaluated parameters compared to individual application of poultry manure or zeolite and control. The interaction between poultry manure and zeolite revealed that the maximum pod length was obtained by applying P_1Z_5, P_2Z_5, P_3Z_5, P_4Z_5 and P_5Z_5 treatments. The maximum anthocyanin concentration was also obtained by applying P_4Z_5, P_5Z_1, P_5Z_2, P_5Z_3, P_5Z_4 and P_5Z_5 treatments. The results of the mean comparison of data for poultry manure showed that the highest seed yield (174 $g.m^{-2}$) was obtained by application of fortified poultry manure with zinc + copper, which increased by about 27% compared to the control. Under zeolite application, the maximum seed yield (171 $g.m^{-2}$) was achieved by application of fortified zeolite with zinc + copper, which increased by about 23.3% compared to the control.

Conclusion

In general, the copper-enriched zeolite and poultry manure treatments showed better impacts than zinc-enriched treatments in terms of studied traits. Application of zeolite and poultry manure increased the yield attributes, seed yield, photosynthetic pigments and nutrient concentration compared to the control, but the highest amount of these traits was obtained under the application of fortified zeolite and poultry manure with zinc and copper. Therefore, the application of fortified poultry manure and zeolite while reducing the amount of chemical fertilizers, can improve the seed yield of green bean.

Keywords: Nutrient uptake، Photosynthetic pigments، Poultry manure، Yield، Zeolite